

# 温度および 電圧測定付き バッテリー・ガスゲージ

## 特長

- バッテリーの累積充放電量を表示
- 高精度のアナログ積分
- ADCによるバッテリー電圧と温度の測定
- 温度センサを内蔵
- ハイサイド検出
- 電圧および電荷量の精度:1%
- 検出電圧範囲: ±50mV
- SMBus/I<sup>2</sup>Cインタフェース
- 設定可能な警告出力/充電完了入力
- 動作範囲: 2.7V~5.5V
- 消費電流: 100μA未満
- 小型6ピン2mm×3mm DFNパッケージ

## アプリケーション

- 低消費電力のハンドヘルド機器
- 携帯電話
- MP3プレーヤ
- カメラ
- GPS

## 概要

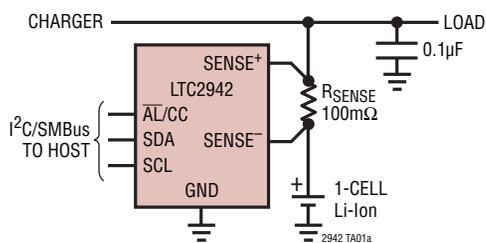
LTC<sup>®</sup>2942は、ハンドヘルドPCや携帯機器などのアプリケーションのバッテリーの充電状態、バッテリー電圧、チップ温度を測定します。このデバイスの動作範囲は、1セル・リチウムイオン・バッテリーに最適です。高精度のクーロン・カウンタがバッテリーの正端子と負荷またはチャージャの間に置かれた検出抵抗を流れる電流を積分します。また、バッテリー電圧とデバイス内部の温度が内部 14ビットNo Latency  $\Delta\Sigma$ ™ ADCで測定されます。3つの測定量(電荷量、電圧、温度)は内部レジスタに格納され、これらの内部レジスタは搭載されているSMBus/I<sup>2</sup>Cインタフェースを介してアクセス可能です。

3つの測定量のいずれに関しても上下のスレッシュホールドをプログラム可能です。プログラムされたどのスレッシュホールドを上回っても、または下回っても、LTC2942はSMBus 警告プロトコルを使用するか内部ステータス・レジスタのフラグをセットすることによって警告を発生します。

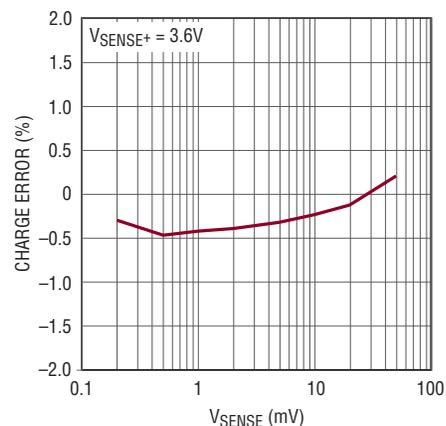
LTC2942はわずか1本の小さな値の検出抵抗を外付けするだけで、測定される電流範囲を設定することができます。

LT, LTC, LTM, Linear TechnologyおよびLinearのロゴはリニアテクノロジー社の登録商標です。No Latency  $\Delta\Sigma$ , ThinSOTおよびBat-Trackはリニアテクノロジー社の商標です。その他すべての商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

## 標準的応用例



全電荷量誤差と  
差動検出電圧



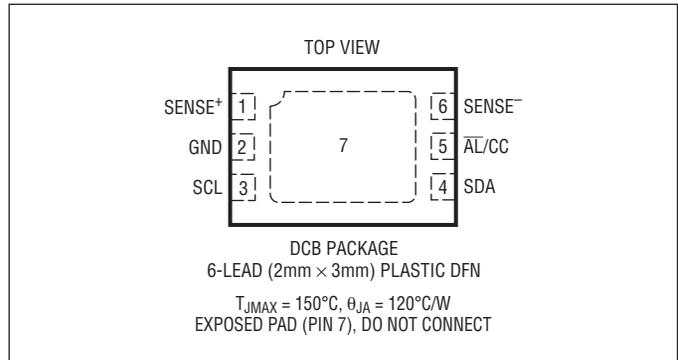
# LTC2942

## 絶対最大定格

(Notes 1, 2)

電源電圧 (SENSE <sup>+</sup> ) .....	-0.3V~6V
SCL、SDA、 $\overline{\text{AL}}/\overline{\text{CC}}$ .....	-0.3V~6V
SENSE <sup>-</sup> .....	-0.3V~(V <sub>SENSE+</sub> +0.3V)
動作周囲温度範囲	
LTC2942C .....	0°C~70°C
LTC2942I .....	-40°C~85°C
保存温度範囲 .....	-65°C~150°C

## ピン配置



## 発注情報

### 鉛フリー仕様

テープアンドリール(ミニ)	テープアンドリール	製品マーキング*	パッケージ	温度範囲
LTC2942CDCB#TRMPBF	LTC2942CDCB#TRPBF	LDVN	6-Lead (2mm × 3mm) Plastic DFN	0°C to 70°C
LTC2942IDCB#TRMPBF	LTC2942IDCB#TRPBF	LDVN	6-Lead (2mm × 3mm) Plastic DFN	-40°C to 85°C

TRM = 500個 \*温度グレードは出荷時のコンテナのラベルで識別されます。

さらに広い動作温度範囲で規定されるデバイスについては、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。

鉛ベース仕様の製品の詳細については、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。

鉛フリー仕様の製品マーキングの詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/leadfree/> をご覧ください。

テープアンドリールの仕様の詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/tapeandree/> をご覧ください。

## 電気的特性

●は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外はT<sub>A</sub> = 25°Cでの値。(Note 2)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
<b>Power Requirements</b>							
V <sub>SENSE+</sub>	Supply Voltage		2.7		5.5	V	
I <sub>SUPPLY</sub>	Supply Current (Note 3)	Battery Gas Gauge On, ADC Sleep	●	70	100	μA	
		Battery Gas Gauge On, ADC Converting Voltage	●	300	350	μA	
		Battery Gas Gauge On, ADC Converting Temperature	●	350	420	μA	
		Shutdown	●		2.5	μA	
		Shutdown, V <sub>SENSE+</sub> ≤ 4.2V			1	μA	
V <sub>UVLO</sub>	Undervoltage Lockout Threshold	V <sub>SENSE+</sub> Falling	●	2.5	2.6	2.7	V
<b>Coulomb Counter</b>							
V <sub>SENSE</sub>	Sense Voltage Differential Input Range	V <sub>SENSE+</sub> - V <sub>SENSE-</sub>	●		±50	mV	
R <sub>IDR</sub>	Differential Input Resistance, Across SENSE <sup>+</sup> and SENSE <sup>-</sup> (Note 8)			400		kΩ	

2942fa

## 電気的特性

●は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。(Note 2)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Q <sub>LSB</sub>	Charge LSB (Note 4)	Prescaler M = 128 (Default), R <sub>SENSE</sub> = 50mΩ		0.085		mAh
TCE	Total Charge Error (Note 5)	10mV ≤  V <sub>SENSE</sub>   ≤ 50mV DC			±1	%
		10mV ≤  V <sub>SENSE</sub>   ≤ 50mV DC, V <sub>SENSE+</sub> ≤ 4.2V	●		±1.5	%
		1mV ≤  V <sub>SENSE</sub>   < 50mV DC (Note 8)	●		±3.5	%

## Voltage Measurement ADC

	Resolution (No Missing Codes)	(Note 8)	●	14		Bits
V <sub>FS</sub>	Full-Scale Voltage		●	6		V
ΔV <sub>LSB</sub>	Quantization Step of 14-Bit Voltage ADC	(Note 6)		366.2		μV
TUE <sub>V</sub>	Voltage Total Unadjusted Error		●		1	%
					1.3	%
Gain	Gain Accuracy		●		1.3	%
V <sub>OS</sub>	Offset	Extrapolated from Measurements at 5.5V and 2.7V		±1	±10	LSB
INL	Integral Nonlinearity		●	±1	±4	LSB
t <sub>CONV</sub>	Conversion Time		●		15	ms

## Temperature Measurement ADC

	Resolution (No Missing Code)	(Note 8)		10		Bits
T <sub>FS</sub>	Full-Scale Temperature		●	600		K
ΔT <sub>LSB</sub>	Quantization Step of 10-Bit Temperature ADC	(Note 6)		0.586		K
TUE <sub>T</sub>	Temperature Total Unadjusted Error	V <sub>SENSE+</sub> ≥ 2.8V (Note 8)	●		±5	K
					±3	K
t <sub>CONV</sub>	Conversion Time		●		15	ms

## Digital Inputs and Digital Outputs

V <sub>I<sub>TH</sub></sub>	Logic Input Threshold, $\overline{\text{A}}\text{L}/\text{CC}$ , SCL, SDA		●	0.3 • V <sub>SENSE+</sub>	0.7 • V <sub>SENSE+</sub>	V
V <sub>OL</sub>	Low Level Output Voltage, $\overline{\text{A}}\text{L}/\text{CC}$ , SDA	I = 3mA	●		0.4	V
I <sub>IN</sub>	Input Leakage, $\overline{\text{A}}\text{L}/\text{CC}$ , SCL, SDA	V <sub>IN</sub> = V <sub>SENSE+</sub> /2	●		1	μA
C <sub>IN</sub>	Input Capacitance, $\overline{\text{A}}\text{L}/\text{CC}$ , SCL, SDA	(Note 8)	●		10	pF
t <sub>PCC</sub>	Minimum Charge Complete (CC) Pulse Width				1	μs

I<sup>2</sup>C Timing Characteristics

f <sub>SCL(MAX)</sub>	Maximum SCL Clock Frequency		●	400	900	kHz
t <sub>BUF(MIN)</sub>	Bus Free Time Between STOP/START		●		1.3	μs
t <sub>SU,STA(MIN)</sub>	Minimum Repeated START Set-Up Time		●		600	ns
t <sub>HD,STA(MIN)</sub>	Minimum Hold Time (Repeated) START Condition		●		600	ns
t <sub>SU,STO(MIN)</sub>	Minimum Set-Up Time for STOP Condition		●		600	ns
t <sub>SU,DAT(MIN)</sub>	Minimum Data Set-Up Time Input		●		100	ns
t <sub>HD,DAT(MIN)</sub>	Minimum Data Hold Time Input		●		0	μs

# LTC2942

## 電気的特性

●は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。(Note 2)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
$t_{\text{HD, DATO}}$	Data Hold Time Output		●	0.3	0.9	$\mu\text{s}$
$t_{\text{OF}}$	Data Output Fall Time	(Notes 7, 8)	●	$20 + 0.1 \cdot C_B$	300	ns

**Note 1:** 絶対最大定格に記載された値を超えるストレスはデバイスに永続的損傷を与える可能性がある。また、長期にわたって絶対最大定格条件に曝すと、デバイスの信頼性と寿命に悪影響を与える可能性がある。

**Note 2:** ピンに流れ込む電流は全て正。注記がない限り、全ての電圧はGNDを基準にしている。

**Note 3:**  $I_{\text{SUPPLY}} = I_{\text{SENSE+}} + I_{\text{SENSE-}}$

**Note 4:** 累積電荷量レジスタのLSBの等価電荷量は、 $R_{\text{SENSE}}$ の値と内部プリスケアラ係数  $M$  によって決まる。

$$q_{\text{LSB}} = 0.085\text{mAh} \cdot \frac{50\text{m}\Omega}{R_{\text{SENSE}}} \cdot \frac{M}{128}$$

詳細は「 $R_{\text{SENSE}}$ の選択」および「クーロン・カウンタのプリスケアラ係数 $M$ の選択」のセクションを参照。1mAh = 3.6C (クーロン)。

**Note 5:** 公称値からの $q_{\text{LSB}}$ の偏差。

**Note 6:** 電圧モードの14ビットADCおよび温度モードの10ビットADCの量子化ステップを、16ビット電圧レジスタ・ペア (I, J) と 16ビット温度レジスタ・ペア (M, N) のLSBと同じであると思いい違いしてはならない。

**Note 7:**  $C_B = 1$ 本のバスラインの容量 (単位pF)。10pF  $\leq C_B \leq 400$ pF。詳細は「電圧レジスタと温度レジスタ」のセクションを参照。

**Note 8:** 設計によって保証されており、テストされない。

## タイミング図

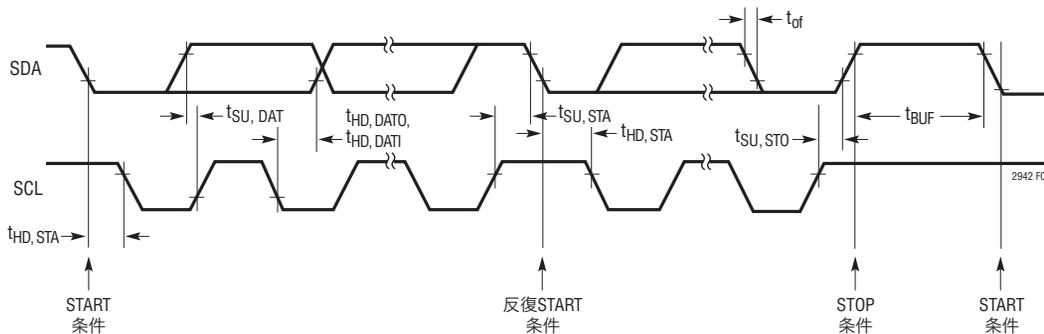
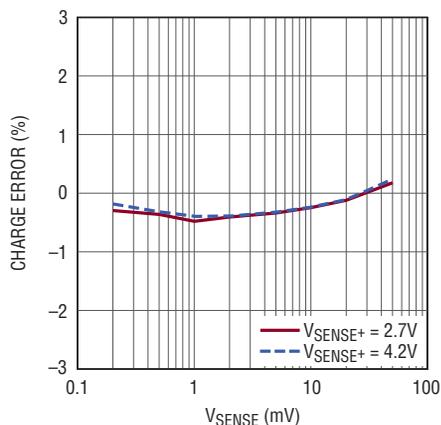


図1. I<sup>2</sup>Cバスのタイミングの定義

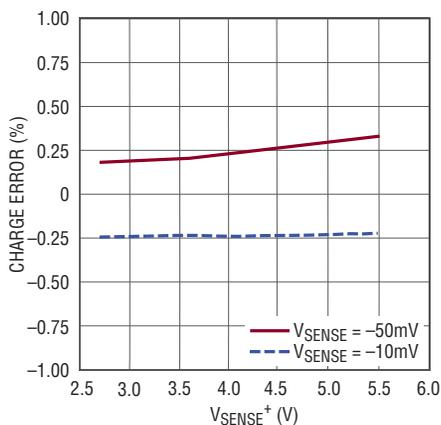
標準的性能特性

全電荷量誤差と差動検出電圧



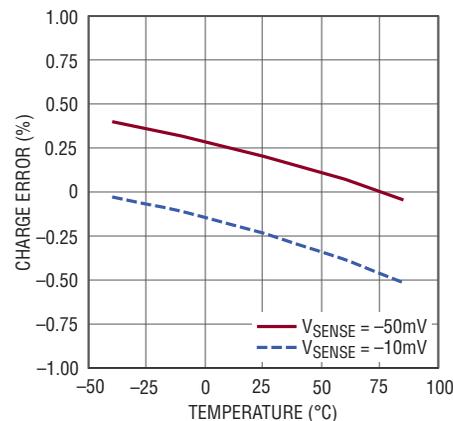
2942 G01

全電荷量誤差と電源電圧



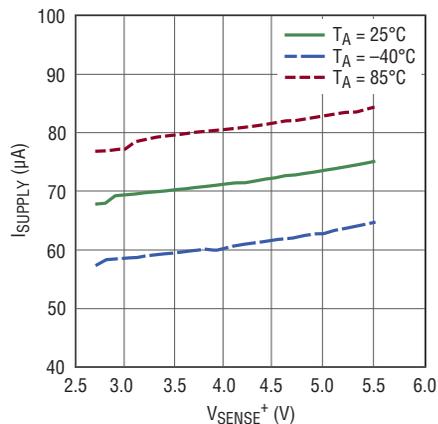
2942 G02

全電荷量誤差と温度



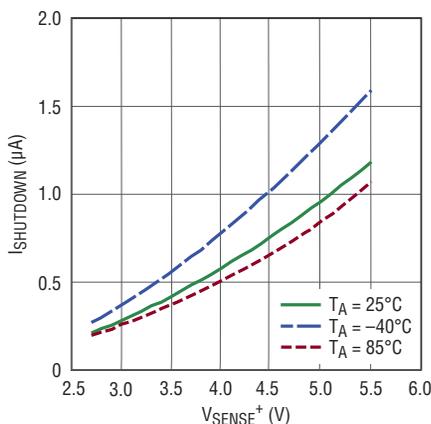
2942 G03

消費電流と電源電圧



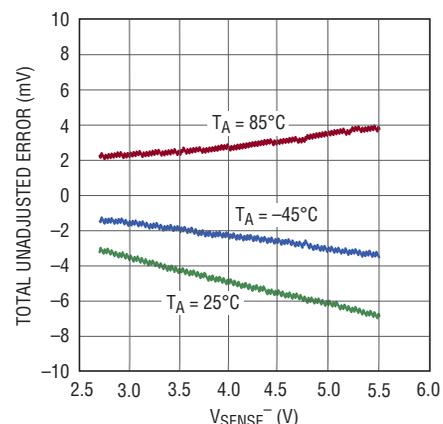
2942 G04

シャットダウン時の消費電流と電源電圧



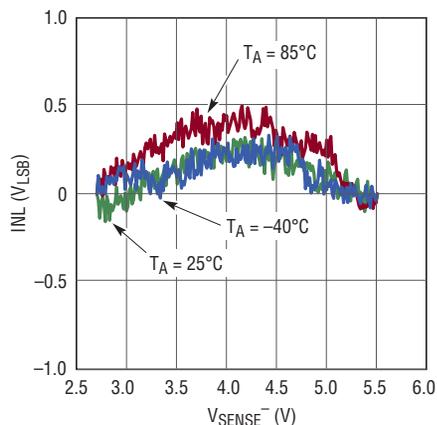
2942 G05

電圧測定ADCの全未調整誤差



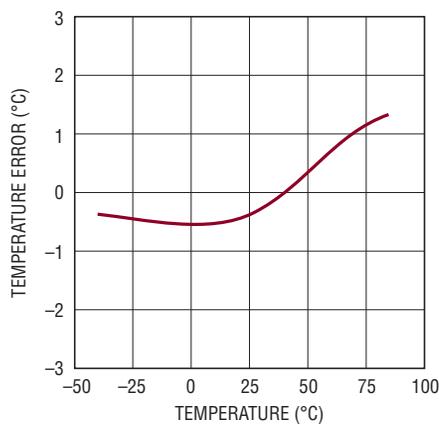
2942 G06

電圧測定ADCの積分非直線性



2942 G07

温度誤差と温度



2942 G08

# LTC2942

## ピン機能

**SENSE<sup>+</sup> (ピン1)**: 正電流検出入力および電源。検出抵抗の負荷/チャージャ側に接続します。V<sub>SENSE+</sub>ピンの動作範囲は2.7V~5.5Vです。

**GND (ピン2)**: デバイスのグラウンド。バッテリーの負端子に直接接続します。

**SCL (ピン3)**: シリアル・バスのクロック入力。

**SDA (ピン4)**: シリアル・バスのデータ入力と出力。

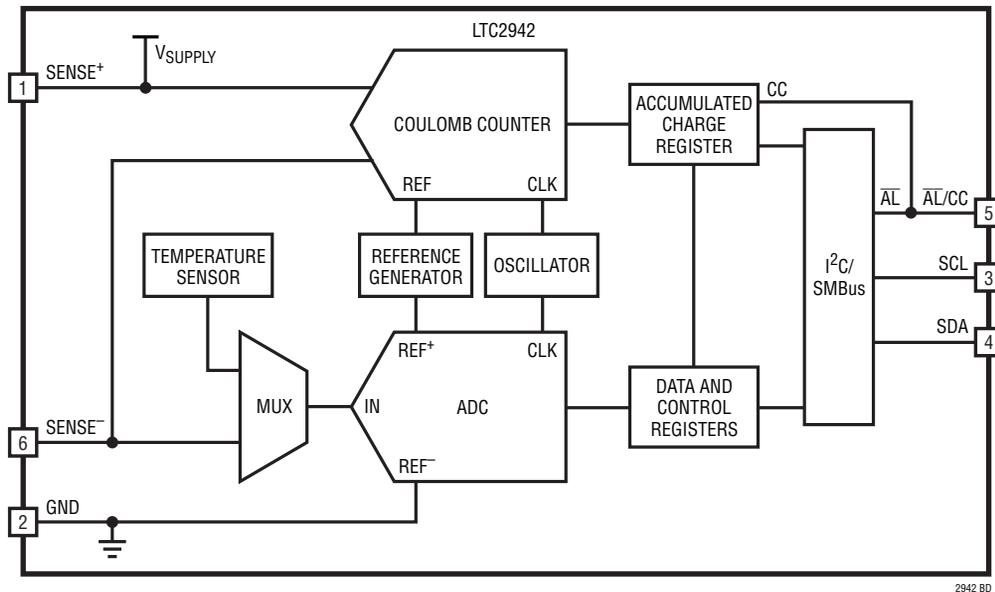
**AL/CC (ピン5)**: アラート出力または充電完了入力。制御レジスタ・ビットB[2:1]によりSMBusアラート出力または充電完了入力として設定します。このピンは、起動時にデフォルトでSMBus

アラート応答プロトコルに従うアラート・モードになります。これはオープンドレイン・ロジックの出力として動作し、いずれかのスレッショルド・レジスタの値を超えるとGNDまで下がります。充電完了入力として設定する時は、バッテリーチャージャ回路の充電完了出力に接続します。CCが”H”になると累積電荷量(レジスタC、D)の値はFFFFhになります。

**SENSE<sup>-</sup> (ピン6)**: 負電流検出入力。SENSE<sup>-</sup>は検出抵抗の正のバッテリー端子側に接続します。通常動作では、SENSE<sup>-</sup>とSENSE<sup>+</sup>の間の電圧は±50mVの範囲内に留まる必要があります。電圧測定モードではSENSE<sup>-</sup>がADCへの入力になります。

**露出パッド (ピン7)**: 接続しないでください。

## ブロック図



## 動作

### 概要

LTC2942は端子電圧2.7V~5.5Vの1セル・リチウムイオン・バッテリーやその他のバッテリータイプに使用するために設計されたバッテリー・ガスゲージ・デバイスで、バッテリーの充電量と放電量、バッテリー電圧、およびチップ温度を測定します。

高精度のクーロン・カウンタが、バッテリーの正端子と負荷またはチャージャとの間に置かれた検出抵抗を流れる電流を積分します。バッテリー電圧とチップ温度は内蔵の14ビット/10ビットADCにより測定されます。

### クーロン・カウンタ

電荷量は電流を時間で積分したものです。LTC2942は、検出抵抗に発生する電圧をモニタしてバッテリー電流を測定し、その情報を積分して電荷量を推定します。測定した電流を電荷量に変換するために、SENSE<sup>+</sup>とSENSE<sup>-</sup>の間の差動電圧が自動ゼロ調整された差動アナログ積分器に印加されます。

積分器の出力がREFHIまたはREFLOのレベルまでランプすると、スイッチS1、S2、S3、およびS4がトグルしてランプの方向を反転させます。極性は、スイッチの状態とランプ方向を検知することによって判定されます。

プログラム可能なプリスケールは、1~128の範囲でプログラム可能な係数Mだけ積分時間を実効的に延長します。プリスケールがアンダーフローまたはオーバーフローするたびに、累積電荷量レジスタ(ACR)の値が1カウントずつ加算あるいは減算されます。累積電荷量の値はI<sup>2</sup>Cインタフェースを介して読み出されます。

### 電圧および温度ADC

LTC2942は14ビットのNo Latency  $\Delta\Sigma$  ADCに加え、クロック回路と電圧リファレンス回路を内蔵しています。

このADCは、SENSE<sup>-</sup>のバッテリー電圧のモニタや、チップ温度センサの出力の変換に使用することができます。センサは2.5mV/Kのスロープで温度に比例した電圧を発生させ、27°Cでの電圧は750mVです。

温度または電圧の変換は、I<sup>2</sup>Cインタフェース経由で制御レジスタをセットすることによってトリガされます。LTC2942は自動モードを備えており、このモードでは電圧および温度の変換が2秒ごとに行われます。それぞれの変換が終わると対応するレジスタが更新され、消費電流を最小限に抑えるためにコンバータはスリープ状態になります。

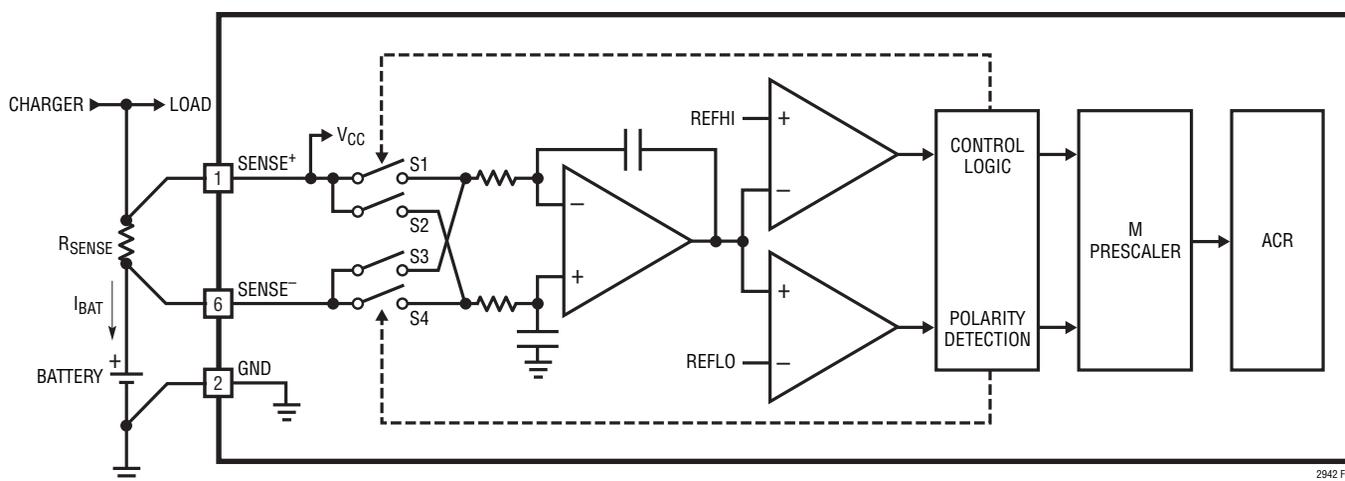


図2. LTC2942のクーロン・カウンタ・セクション

2942 F02

# LTC2942

## 動作

### 起動シーケンス

SENSE<sup>+</sup>が約2.5Vのスレッシュホールド値を超えると、LTC2942は内部パワーオン・リセット(POR)信号を生成してすべてのレジスタをそのデフォルト状態に設定します。デフォルト状態では、クーロン・カウンタがアクティブになって電圧および温度ADCがオフになります。累積電荷量レジスタはミッドスケール

(7FFFh)に設定され、すべての「下側」スレッシュホールド・レジスタが0000hに、すべての「上側」スレッシュホールド・レジスタがFFFFhに設定されます。アラート・モードがイネーブルされ、クーロン・カウンタのプリスケール係数Mは128に設定されま

## アプリケーション情報

### I<sup>2</sup>C/SMBusインタフェース

LTC2942は、I<sup>2</sup>CおよびSMBus互換の2線インタフェースを使ってバスマスタと通信します。LTC2942の7ビット・ハードコードI<sup>2</sup>Cアドレスは1100100です。

LTC2942はスレーブ専用デバイスです。したがって、シリアルデータライン(SDA)は双方向ですがシリアルクロックライン(SCL)は入力専用です。このデバイスはI<sup>2</sup>C標準規格と高速モードをサポートしています。詳細については「I<sup>2</sup>Cプロトコル」のセクションを参照してください。

### 内部レジスタ

LTC2942は検出抵抗を流れる電流を積分し、バッテリー電圧と温度を測定し、I<sup>2</sup>C経由でアクセスできる内部16ビットレジスタにそれらの結果を格納します。上限値と下限値はそれぞれの測定量に対してプログラムできます。LTC2942はこれらの制限値を継続的にモニタして、制限値を超えた場合は内部ステータス・レジスタにフラグをセットします。アラート・モードがイネーブルされた場合はAL/CCピンが”L”になります。

16個の内部レジスタは以下の表1に示すように構成されています。

表1. レジスタ・マップ

アドレス	名称	レジスタの内容	R/W	デフォルト
00h	A	ステータス	R	下記参照
01h	B	制御	R/W	3Ch
02h	C	累積電荷量MSB	R/W	7Fh
03h	D	累積電荷量LSB	R/W	FFh
04h	E	電荷量スレッシュホールド「上側」MSB	R/W	FFh
05h	F	電荷量スレッシュホールド「上側」LSB	R/W	FFh
06h	G	電荷量スレッシュホールド「下側」MSB	R/W	00h
07h	H	電荷量スレッシュホールド「下側」LSB	R/W	00h
08h	I	電圧MSB	R	XXh
09h	J	電圧LSB	R	XXh
0Ah	K	電圧スレッシュホールド「上側」	R/W	FFh
0Bh	L	電圧スレッシュホールド「下側」	R/W	00h
0Ch	M	温度MSB	R	XXh
0Dh	N	温度LSB	R	XXh
0Eh	O	温度スレッシュホールド「上側」	R/W	FFh
0Fh	P	温度スレッシュホールド「下側」	R/W	00h

R = 読み出し、W = 書き込み、XX = 不定

## アプリケーション情報

### ステータス・レジスタ(A)

表2に示すステータス・レジスタ内の電荷量アラート、電圧アラート、温度アラートのステータスがレポートされます。

表2. ステータス・レジスタA(読み出し専用)

ビット	名称	動作	デフォルト
A[7]	デバイスの識別	0: LTC2942 1: LTC2941	0
A[6]	予備		0
A[5]	累積電荷量 オーバーフロー/ アンダーフロー	ACRの値が上限または下限に達していることを示す。	0
A[4]	温度アラート	どちらかの温度制限値を超えたことを示す。	0
A[3]	電荷量アラート 「上側」	ACRの値が電荷量スレッシュホールドの上限値を超えたことを示す。	0
A[2]	電荷量アラート 「下側」	ACRの値が電荷量スレッシュホールドの下限値を下回ったことを示す。	0
A[1]	電圧アラート	どちらかのバッテリー電圧制限値を超えたことを示す。	0
A[0]	低電圧ロック アウト・アラート	低電圧からの回復を示す。 1にセットされた場合はUVLOが発生したことを示し、レジスタの内容は不定となる。	X

A[7]を除くステータス・レジスタのすべてのビットは、これらのビットをセットした状態が解消されればホストによる読み出し後にクリアされます。

3つの測定量のうちの1つがプログラムされた制限値を超えると、ステータス・レジスタ内の対応するビットA[4]、A[3]、A[2]、またはA[1]が直ちにセットされます。

ビットA[5]は、LTC2942の累積電荷量レジスタ(ACR)がオーバーフローするかアンダーフローするとセットされます。これらのケースでは、ACRはFFFFhまたは0000hのままで固定されません。

動作中にSENSE+ピンの電圧がPORレベルに達することなく2.7V未満に低下した場合は、ステータス・レジスタの低電圧ロックアウト(UVLO)ビットA[0]がセットされます。クーロン・カウンタのアナログ部分はスイッチオフしますが、デジタルのレジスタ値は保持されます。電源電圧の回復後はクーロン・カウンタが累積電荷量レジスタ内に格納された値を使って積分を再開しますが、SENSE<sup>+</sup><2.7Vの間に流れた電荷量は積算されません。

ホストはステータス・レジスタのハードコードされたビットA[7]によってLTC2942とピン互換のLTC2941を識別できるので、両方のデバイスに同じソフトウェアを使うことが可能です。

### 制御レジスタ(B)

LTC2942の動作は、制御レジスタをプログラムすることによって制御します。表3に8ビット制御レジスタのB[7:0]の構成を示します。

表3. 制御レジスタB

ビット	名称	動作	デフォルト
B[7:6]	ADCモード	[11]自動モード。1秒ごとに電圧および温度の変換を行う。 [10]マニュアル電圧モード。電圧変換を1回行ってスリープ状態になる。 [01]マニュアル温度モード。温度変換を1回行ってスリープ状態になる。 [00]スリープ。	[00]
B[5:3]	プリスケアラ 係数M	クーロン・カウンタのプリスケアラ係数Mを1~128の範囲で設定。デフォルトは128 $M = 2^{(4 \cdot B[5] + 2 \cdot B[4] + B[3])}$	[111]
B[2:1]	AL/CC設定	AL/CCピンの設定 [10]アラート・モード。アラート機能をイネーブル。ピンはロジック出力となる。 [01]充電完了モード。ピンはロジック入力となって(たとえばチャージャから)「充電完了」信号を受け入れ、累積電荷量レジスタ(C、D)をFFFFhに設定。 [00]AL/CCピンをディスエーブル。 [11]使用不可。	[10]
B[0]	シャットダウン	消費電流を減らすためにアナログ・セクションをシャットダウン。	[0]

### パワーダウンB[0]

B[0]を1にセットするとLTC2942のアナログ部分がシャットダウンして、消費電流が1μA未満になります。レジスタ内の値が保持されている間は、すべてのアナログ回路が動作しなくなります。B[0]が1の間に流れる電荷量は測定されず、累積電荷量レジスタの1LSBを下回る電荷情報は失われます。

## アプリケーション情報

## アラート/充電完了の設定B[2:1]

$\overline{\text{AL}}/\text{CC}$ ピンは制御レジスタによって設定されるデュアル機能ピンです。ビットB[2:1]を[10](デフォルト)に設定すると、 $\overline{\text{AL}}/\text{CC}$ ピンはSMBusプロトコルに従ってアラートピンとして設定されます。この設定における $\overline{\text{AL}}/\text{CC}$ ピンはデジタル出力で、3つの測定量(電荷量、電圧、温度)のいずれかが上下のスレッシュホールドを超えた場合、または累積電荷量レジスタの値がオーバーフローかアンダーフローした場合は、「L」になります。マスタによって開始されるアラート応答手順により $\overline{\text{AL}}/\text{CC}$ ピンのアラートはリセットされます。詳細については「アラート応答プロトコル」セクションを参照してください。

制御ビットB[2:1]を[01]にセットすると、 $\overline{\text{AL}}/\text{CC}$ ピンはデジタル入力ピンとして設定されます。このモードでの $\overline{\text{AL}}/\text{CC}$ ピンへの「H」入力は、バッテリーがフル状態であることをLTC2942に知らせ、累積電荷量レジスタはその最大値FFFFhに設定されます。 $\overline{\text{AL}}/\text{CC}$ ピンは、通常、バッテリーチャージャ回路の「充電完了」出力に接続されます。

アラートも充電完了機能も必要ない場合は、B[2:1]を[00]にセットします。これで $\overline{\text{AL}}/\text{CC}$ ピンがディスエーブルされるので、GNDに接続する必要があります。

B[2:1]を[11]にセットするとアラート・モードと充電完了モードが同時にイネーブルされるので、この設定は避けてください。

R<sub>SENSE</sub>の選択

クーロン・カウンタの規定精度を達成するには、SENSE<sup>+</sup>とSENSE<sup>-</sup>の間の差動電圧を±50mV以内に維持する必要があります。LTC2942は最大±300mVまでの差動入力信号で動作しますが、クーロン・カウンタの精度は保証されません。

外付け検出抵抗の必要な値R<sub>SENSE</sub>は、V<sub>SENSE</sub>の最大入力範囲とアプリケーションの最大電流によって決定されます。

$$R_{\text{SENSE}} \leq \frac{50\text{mV}}{I_{\text{MAX}}}$$

外付け検出抵抗値の選択は、クーロン・カウンタの利得に影響します。検出抵抗値が大きければ電流が同じでもSENSE<sup>+</sup>とSENSE<sup>-</sup>の間の差動電圧が大きくなり、クーロン・カウンタの精度も上がります。したがって、累積電荷量(レジスタC、D)の最下位ビットで表される電荷量(q<sub>LSB</sub>)は次の式に等しくなります。

$$q_{\text{LSB}} = 0.085\text{mAh} \cdot \frac{50\text{m}\Omega}{R_{\text{SENSE}}} \cdot \frac{M}{128}$$

or

$$q_{\text{LSB}} = 0.085\text{mAh} \cdot \frac{50\text{m}\Omega}{R_{\text{SENSE}}}$$

つまり、プリスケアラがデフォルトのM=128の場合は次のようになります。

1mAh = 3.6C(クーロン)であることに留意してください。

最大電流(I<sub>MAX</sub>)に比べてバッテリー容量(Q<sub>BAT</sub>)が非常に大きいアプリケーションでは、R<sub>SENSE</sub> = 50mV/I<sub>MAX</sub>という値を選択しても十分ではありません。

$$Q_{\text{BAT}} > I_{\text{MAX}} \cdot 5.5\text{時間}$$

このようにバッテリー容量の大きな低電流アプリケーションでは、R<sub>SENSE</sub> = 50mV/I<sub>MAX</sub>に従ってR<sub>SENSE</sub>を選択するとq<sub>LSB</sub>がQ<sub>BAT</sub>/2<sup>16</sup>よりも小さくなり、16ビット累積電荷量レジスタがバッテリーの完全放電前にアンダーフローしたり、充電中にオーバーフローしたりする可能性があります。この場合は次式に従って最大R<sub>SENSE</sub>を選択します。

$$R_{\text{SENSE}} \leq \frac{0.085\text{mAh} \cdot 2^{16}}{Q_{\text{BAT}}} \cdot 50\text{m}\Omega$$

最大電流がI<sub>MAX</sub> = 100mAのアプリケーションの場合、R<sub>SENSE</sub> = 50mV/I<sub>MAX</sub>を計算すると検出抵抗は500mΩとなります。したがってq<sub>LSB</sub>は8.5μAhとなり、累積電荷量レジスタで表すことのできる最大バッテリー容量はQ<sub>BAT</sub> = 8.5μAh・65535 = 557mAhとなります。バッテリー容量がこれよりも大きい場合は、R<sub>SENSE</sub>を小さくする必要があります。たとえば、容量が1800mAhのバッテリーを使用する場合は、R<sub>SENSE</sub>を150mΩまで下げる必要があります。

## アプリケーション情報

### クーロン・カウンタのプリスケアラ係数Mの選択B[5:3]

最大電流 ( $I_{MAX}$ ) と比較してバッテリー容量 ( $Q_{BAT}$ ) が非常に小さい場合は ( $Q_{BAT} < I_{MAX} \cdot 0.1$  時間)、プリスケアラの値 M をデフォルト値 (128) から変更する必要があります。

バッテリーが小さく最大電流が大きいこれらのアプリケーションでは、バッテリー容量に対して  $q_{LSB}$  が非常に大きくなる可能性があります。たとえばバッテリー容量が 100mAh で最大電流が 1A の場合、標準の式を使用すると検出抵抗値は 50mΩ となり、 $q_{LSB}$  は次のようになります。

$$q_{LSB} = 0.085\text{mAh} = 306\text{mC}$$

つまり、バッテリー容量は 1176  $q_{LSB}$  に相当するに過ぎず、累積電荷量レジスタの使用率は 2% 未満になります。

このような場合でもデジタル分解能を維持できるように、LTC2942 はプログラム可能なプリスケアラを備えています。プリスケアラの係数 M を小さくすれば、累積電荷量レジスタがバッテリー容量にもっとよく合うように  $q_{LSB}$  を小さくすることができます。プリスケアラの係数 M は 1 からデフォルト値の 128 までの範囲で選ぶことができます。電荷量 LSB は次のようになります。

$$q_{LSB} = 0.085\text{mAh} \cdot \frac{50\text{m}\Omega}{R_{SENSE}} \cdot \frac{M}{128}$$

累積電荷量レジスタをできるだけ広範囲にわたって使用するには、次式に示すように、与えられたバッテリー容量  $Q_{BAT}$  と検出抵抗  $R_{SENSE}$  に合わせてプリスケアラ係数 M を選ぶ必要があります。

$$M \geq 128 \cdot \frac{Q_{BAT}}{2^{16} \cdot 0.085\text{mAh}} \cdot \frac{R_{SENSE}}{50\text{m}\Omega}$$

M は、制御レジスタの B[5:3] を  $M = 2^{(4 \cdot B[5] + 2 \cdot B[4] + B[3])}$  としてプログラムすることにより、1、2、4、8 … 128 に設定することができます。起動後のデフォルト値は  $M = 128 = 2^7$  (B[5:3] = 111) です。

100mAh のバッテリーと 50mΩ の  $R_{SENSE}$  を使用する上の例では、プリスケアラは  $M = 4$  にプログラムする必要があります。この場合  $q_{LSB}$  は 2.656μAh となり、バッテリー容量は約 37650  $q_{LSB}$  に相当します。

クーロン・カウンタの内部デジタル分解能は  $q_{LSB}$  で示したもののよりも高くなります。デジタル化された電荷量  $q_{INTERNAL}$  は  $q_{LSB}$  の  $1/(M \cdot 8)$  になります。検出抵抗が 50mΩ の場合、 $q_{INTERNAL}$  の標準値は 299μAs です。

### ADC モード B[7:6]

LTC2942 は、 $SENSE^-$  の電圧 (バッテリー電圧) または (内部温度センサにより) 温度を測定する ADC を備えています。ADC 用のリファレンス電圧とクロックは内部で生成されます。

ADC には、表 3 に示すように 4 つの異なる動作モードがあります。これらのモードは、制御レジスタのビット B[7:6] によって制御されます。起動時はビット B[7:6] が [00] にセットされ、ADC はスリープモードになります。

単発電圧変換はビット B[7:6] を [10] にセットすることによって開始され、単発温度変換はビット B[7:6] を [01] にセットすることによって開始されます。単発の電圧変換または温度変換を行うと、ADC は B[7:6] を [00] にリセットしてスリープモードになります。

LTC2942 には自動スキャン・モードもあります。この場合 ADC は電圧変換後に温度変換を行い、その後約 2 秒間のスリープ状態を経て電圧変換と温度変換を繰り返します。LTC2942 は B[7:6] を [11] にセットすることによって自動モードに設定され、B[7:6] がホストによってプログラムし直されるまでこのモードを維持します。

B[7:6] を [00] にプログラムすると ADC はスリープ状態になります。変換中にビット B[7:6] が変化すると、ADC は現在の変換を完了させてから新しく選択されたモードに移行します。

電圧または温度の変換には 10ms の変換時間 (標準) が必要です。それぞれの変換が終了すると、対応するレジスタが更新されます。変換された量がスレッシュホールド・レジスタにプログラムされた値を超える場合はステータス・レジスタ内にフラグがセットされ、(アラート・モードがイネーブルされている場合)  $\overline{AL}/CC$  ピンが "L" になります。

電圧変換中、 $SENSE^-$  ピンは小さい抵抗を介して等価抵抗 2MΩ のサンプリング回路に接続され、平均入力電流は  $I = V_{SENSE^-}/2\text{M}\Omega$  となります。

## アプリケーション情報

## 累積電荷量レジスタ(C, D)

LTC2942のクーロン・カウンタは検出抵抗を流れる電流を積分します。この電荷量積分の結果は16ビットの累積電荷量レジスタ(レジスタC, D)に格納されます。LTC2942には起動時のバッテリー状態が分からないので、累積電荷量レジスタ(ACR)はミッドスケール(7FFFh)に設定されます。ホスト側でバッテリーの状態が分かっている場合は、ビットB[2:1]を介して充電完了モードがイネーブルされていれば、累積電荷量(C[7:0]D[7:0])をI<sup>2</sup>C経由で正しい値にプログラムするか、 $\overline{AL}/CC$ ピンを”H”にすることによって充電後にFFFFh(フル)に設定することができます。累積電荷量レジスタに書き込みを行う場合は、B[0]を1にセットすることによって事前にアナログ・セクションをシャットダウンする必要があります。C[7:0]のMSBおよびD[7:0]のLSB読み出し中に累積電荷量レジスタが変化するのを避けるために、これらは図10に示すようにシーケンシャルに読み出すことを推奨します。

## 電圧レジスタ(I, J)と温度レジスタ(M, N)

SENSE<sup>-</sup>の電圧を14ビットADCで変換した結果は電圧レジスタ(I, J)に格納され、温度測定結果は温度レジスタ(M, N)に格納されます。電圧レジスタと温度レジスタは読み出し専用です。

ADC分解能は電圧モードで14ビット、温度モードで10ビットなので、電圧レジスタ・ペア(I, J)の下位2ビットと、温度レジスタ・ペア(M, N)の下位6ビットは常にゼロです。16ビット電圧レジスタI[7:0]J[7:0]の結果から、測定電圧は次式により計算されます。

$$V_{\text{SENSE}^-} = 6V \cdot \frac{\text{RESULT}_h}{\text{FFFF}_h} = 6V \cdot \frac{\text{RESULT}_{\text{DEC}}}{65535}$$

例: レジスタ値I[7:0] = B0hおよびJ[7:0] = 1Chは、次式で示されるSENSE<sup>-</sup>電圧に対応します。

$$V_{\text{SENSE}^-} = 6V \cdot \frac{B01Ch}{\text{FFFF}_h} = 6V \cdot \frac{45084_{\text{DEC}}}{65535} \approx 4.1276V$$

実際の温度は、2バイト・レジスタC[7:0]D[7:0]から次式によって得ることができます。

$$T = 600K \cdot \frac{\text{RESULT}_h}{\text{FFFF}_h} = 600K \cdot \frac{\text{RESULT}_{\text{DEC}}}{65535}$$

例: レジスタ値C[7:0] = 80hおよびD[7:0] = 00hは、300Kまたは27°Cに対応します。

## スレッシュホールド・レジスタ(E, F, G, H, K, L, O, P)

それぞれの測定量(バッテリー電荷量、電圧、および温度)に対して、LTC2942は上下のスレッシュホールド・レジスタを備えています。起動時、上側のスレッシュホールドはFFFFhに設定され、下側のスレッシュホールドは0000hに設定されます。すべてのスレッシュホールドはI<sup>2</sup>Cを介して望む値にプログラムすることができます。ビットB[2:1]を介してアラート・モードがイネーブルされている場合、測定量が上側のスレッシュホールドを超えるか下側のスレッシュホールドを下回ると、LTC2942は直ちにステータス・レジスタ内の対応するフラグをセットして、 $\overline{AL}/CC$ ピンを”L”にします。電圧および温度スレッシュホールド・レジスタはシングル・バイト・レジスタで、対応する量の上位8ビットだけがチェックされます。バッテリー電圧の下側のスレッシュホールドを3Vにセットするには、レジスタLを80hにプログラムします。60°Cの上限温度は、レジスタOを8Ehにセットすることによってプログラムします。

I<sup>2</sup>Cプロトコル

LTC2942は、1つのバスで複数のデバイスとマスタをサポートするI<sup>2</sup>C/SMBus互換の2線式オープンドレイン・インタフェースを使用します。接続されるデバイスはバスワイヤを”L”にできるだけで、バスを”H”にドライブすることはありません。バスワイヤは、電流源またはプルアップ抵抗を介して、外部で正の電源電圧に接続する必要があります。バスがアイドル状態の時はSDAとSCLの両方が”H”になります。I<sup>2</sup>Cバス上のデータは、標準モードで最大100kビット/s、高速モードでは最大400kビット/sの速度で転送できます。

I<sup>2</sup>C/SMBus上の各デバイスはデバイス内に格納された固有アドレスによって認識され、そのデバイスの機能に応じて送信側または受信側として動作させることができます。送信側および受信側に加え、データを転送する場合はデバイスをマスタまたはスレーブとして分類することもできます。マスタは、バス上でデータ転送を開始し、その転送を可能にするためにクロック信号を生成するデバイスです。同時に転送先のデバイスはすべてスレーブと見なされます。LTC2942は常にスレーブとして動作します。

## アプリケーション情報

図3に、I<sup>2</sup>Cバス上での高速モードと標準モードによるデータ転送の概要を示します。

### START条件とSTOP条件

バスがアイドル状態の時は、SCLとSDAの両方が“H”になっている必要があります。バスマスタは、SCLを“H”に維持したままSDAを“H”から“L”に移行させることによって生成するSTART条件を使って、通信開始をスレーブに知らせます。マスタはスレーブとの通信を終了すると、SCLを“H”に維持したままSDAを“L”から“H”に移行させることによってSTOP条件を送ります。これで、バスは別の通信を行える状態になります。バス使用時は、STOP条件の代わりに反復START (Sr) 条件が生成されるとビジー状態が継続します。反復START (Sr) 条件は、機能的にはSTART (S) 条件と同じです。

### データ転送

START条件が生成された後はI<sup>2</sup>Cバスがビジー状態にあると見なされ、マスタとスレーブの間でデータ転送が開始されます。データは9ビットのグループ(8データビットの末尾にアックノリッジ・ビット)でI<sup>2</sup>C上を転送されるので、各グループの転送には9 SCLサイクルを要します。送信側はアックノリッジ・クロック

・パルスの中にSDAラインを解放し、受信側はSDAを“L”にしてアックノリッジ (ACK) を返すか、SDAを“H”のままにして非アックノリッジ (NAK) 状態を示します。データ状態を変更できるのは、SCLが“L”の状態の時に限られます。

### 書き込みプロトコル

図4に示すように、マスタはSTART条件を使用して書き込み動作を開始し、その後に7ビットのスレーブ・アドレス1100100を続けて、R/ $\bar{W}$ ビットをゼロにセットします。LTC2942はこれに対しSDAを“L”にすることによってアックノリッジを返し、次にマスタが、どの内部レジスタに書き込みを行うかを示すコマンド・バイトを送ります。LTC2942はアックノリッジを返し、その内部レジスタ・アドレス・ポインタにコマンド・バイトをラッチします。マスタはデータ・バイトを送り、LTC2942は再度アックノリッジを返してデータを必要なレジスタにラッチします。マスタがSTOP条件を送ると転送は終了します。図5に示すようにマスタがSTOP条件を送らずに次のデータ・バイトを送ることによって転送を継続する場合、LTC2942は再度アックノリッジを返してそのアドレス・ポインタを1つ加算し、2番目のデータ・バイトを次のレジスタにラッチします。

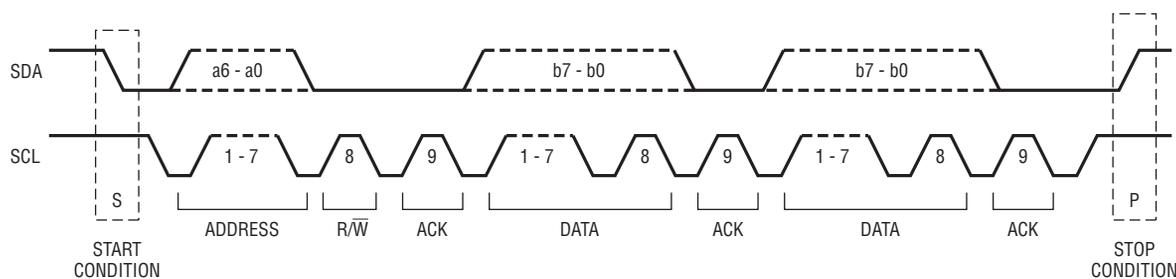


図3. I<sup>2</sup>CまたはSMBus上でのデータ転送

S	ADDRESS	$\bar{W}$	A	REGISTER	A	DATA	A	P
	1100100	0	0	01h	0	FCh	0	

2942 F04

- FROM MASTER TO SLAVE  
 FROM SLAVE TO MASTER  
 A: ACKNOWLEDGE (LOW)  
 $\bar{A}$ : NOT ACKNOWLEDGE (HIGH)  
 S: START CONDITION  
 P: STOP CONDITION  
 R: READ BIT (HIGH)  
 W: WRITE BIT (LOW)

図4. LTC2942の制御レジスタ(B)へのFChの書き込み

S	ADDRESS	$\bar{W}$	A	REGISTER	A	DATA	A	DATA	A	P
	1100100	0	0	02h	0	F0h	0	01h	0	

2942 F05

図5. LTC2942の累積電荷量レジスタ(C、D)へのF01hの書き込み

# LTC2942

## アプリケーション情報

### 読み出しプロトコル

図6に示すように、マスタはSTART条件を使用して読み出し動作を開始し、その後7ビットのスレーブ・アドレス**1100100**を続けてR/ $\bar{W}$ ビットをゼロにセットします。LTC2942はこれに対してアクノリッジを返し、次にマスタが、どの内部レジスタから読み出しを行うかを示すコマンド・バイトを送ります。LTC2942はアクノリッジを返し、次にその内部レジスタ・アドレス・ポイントにコマンド・バイトをラッチします。次いで、マスタは反復START条件を送ってから同じ7ビットのアドレスを送り、今度はR/ $\bar{W}$ ビットを1にセットします。LTC2942はアクノリッジを返し、要求されたレジスタの内容を送ります。マスタがSTOP条件

を送ると転送は終了します。図7に示すように、マスタが転送されたデータ・バイトに対してアクノリッジを返すと、LTC2942はそのアドレス・ポイントを1つ加算して次のレジスタの内容を送ります。

### アラート応答プロトコル

複数のスレーブが共通の割り込みラインを共有しているシステムでは、マスタはアラート応答アドレス(ARA)を使ってどのデバイスが割り込みを開始したのかを判断することができます(図8)。

S	ADDRESS	$\bar{W}$	A	REGISTER	A	S	ADDRESS	R	A	DATA	$\bar{A}$	P
	1100100	0	0	00h	0		1100100	1	0	01h	1	

2942 F06

図6. LTC2942のステータス・レジスタ(A)の読み出し

S	ADDRESS	$\bar{W}$	A	REGISTER	A	S	ADDRESS	R	A	DATA	A	DATA	$\bar{A}$	P
	1100100	0	0	08h	0		1100100	1	0	F1h	0	24h	1	

2942 F07

図7. LTC2942の電圧レジスタ(I, J)の読み出し

S	ALERT RESPONSE ADDRESS	R	A	DEVICE ADDRESS	$\bar{A}$	P
	0001100	1	0	11001001	1	

2942 F08

図8. LTC2942のシリアル・バスSDAアラート応答プロトコル

S	ADDRESS	$\bar{W}$	A	REGISTER	A	DATA	P	←10ms→	S	ADDRESS	$\bar{W}$	A	REGISTER	A	S	ADDRESS	R	A	DATA	A	DATA	$\bar{A}$	P
	1100100	0	0	01h	0	BC				1100100	0	0	08h	0		1100100	1	0	F1h	0	80h	1	

2942 F09

図9. 電圧変換シーケンス

S	ADDRESS	$\bar{W}$	A	REGISTER	A	S	ADDRESS	R	A	DATA	A	DATA	$\bar{A}$	P
	1100100	0	0	02h	0		1100100	1	0	80h	0	01h	1	

2942 F10

図10. LTC2942累積電荷量レジスタ(C, D)の読み出し

## アプリケーション情報

マスタはSTART条件と特別な7ビットARAバスアドレス(0001100)とそれに続く読み出しビット(R)=1を使用してARA手順を開始します。LTC2942がアラート・モードで $\overline{AL}/CC$ ピンをアサートしている場合は、その7ビット・バス・アドレス(1100100)と1を送ることによってアクノリッジと応答を返します。アドレスを送る時は、別のデバイスが標準のI<sup>2</sup>Cバス・アービトレーションを使って同時にアドレスを送っているかどうかを判断するためにSDAピンをモニタします。LTC2942が1を送っている時にSCLの立ち上がりエッジでSDAピンから0を読み出した場合、LTC2942はより低いアドレスを持つ別のデバイスが送信を行っていると思なして直ちに転送を中止し、再試行のため次のARAサイクルまで待ちます。転送が正常に終了

するとLTC2942は $\overline{AL}/CC$ ピンを“L”にするのを止め、新しいアラート・イベントが発生するまでそれ以上ARA要求に応答しなくなります。

### PC基板レイアウトに関する推奨事項

ノイズと精度低下を最小限に抑えるために、すべてのトレースをできるだけ短くします。検出抵抗には4線のケルビン検出接続を採用し、SENSE<sup>+</sup>ピンとSENSE<sup>-</sup>ピンへの検出トレースを短くしてこの抵抗の近くにLTC2942を配置します。抵抗からバッテリー、負荷、またはチャージャへのトレース幅は広くしてください(図11を参照)。バイパス・コンデンサはSENSE<sup>+</sup>とGNDの近くに配置します。

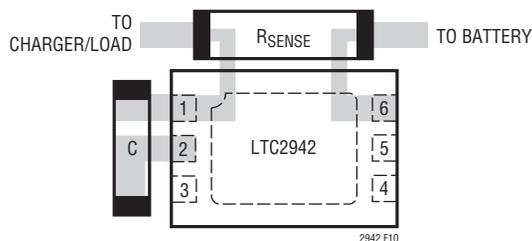
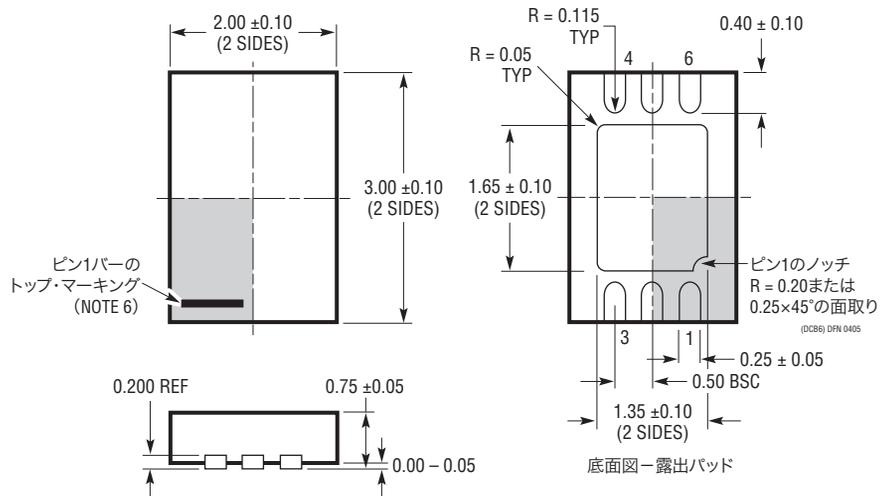
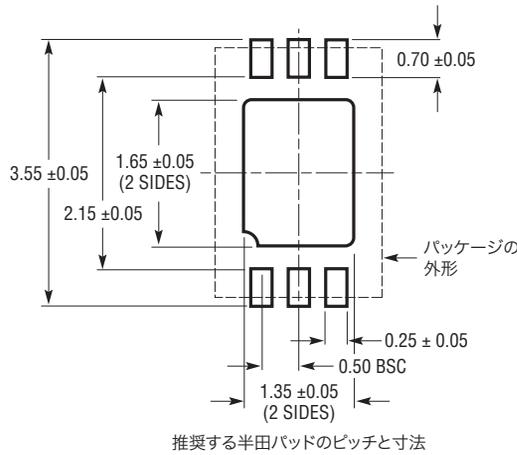


図11. 検出抵抗のケルビン接続

## パッケージ

### DCBパッケージ 6ピン・プラスチックDFN (2mm×3mm) (Reference LTC DWG # 05-08-1715)



**NOTE:**

1. 図はJEDECのパッケージ外形MO-229のバリエーションになる予定
2. 図は実寸とは異なる
3. すべての寸法はミリメートル
4. パッケージ底面の露出パッドの寸法にはモールドのバリを含まない  
モールドのバリは(もしあれば)各サイドで0.15mmを超えないこと
5. 露出パッドは半田メッキとする
6. 網掛けの部分はパッケージの上面と底面のピン1の位置の参考に過ぎない

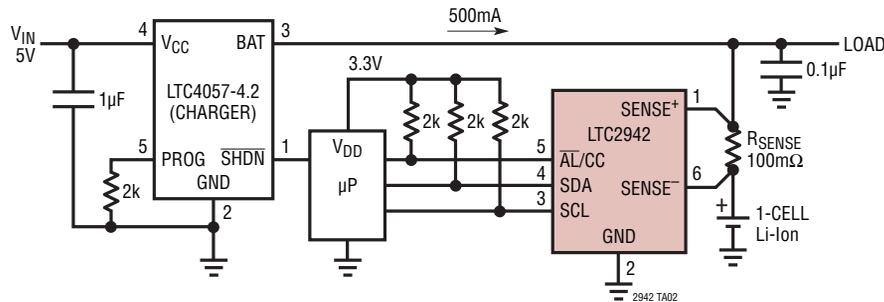
## 改訂履歴 (Rev Aよりスタート)

REV	日付	概要	ページ番号
A	8/10	「ピン配置」と「ピン機能」セクションの露出パッドの記述を改訂	2,6

# LTC2942

## 標準的応用例

バッテリー・チャージャによる1セル・リチウムイオン・バッテリーの最大500mAの充放電電流を表示するクーロン・カウンタ



## 関連製品

製品番号	説明	注釈
<b>バッテリー・ガスゲージ</b>		
LTC2942-1	I <sup>2</sup> Cインタフェースと電圧および温度測定ADCを搭載したバッテリー・ガスゲージ、検出抵抗を内蔵	動作範囲: 2.7V~5.5V、14ビットΔΣ-ADC、LTC2941-1とピン互換
LTC2941	I <sup>2</sup> Cインタフェース付きバッテリー・ガスゲージ	動作範囲: 2.7V~5.5V、LTC2942とピン互換
LTC2941-1	I <sup>2</sup> Cインタフェース付きバッテリー・ガスゲージ、50mΩの検出抵抗を内蔵	動作範囲: 2.7V~5.5V、LTC2942-1とピン互換
LTC4150	クーロン・カウンタ/バッテリー・ガスゲージ	動作範囲: 2.7V~8.5V、10ピンMSOPパッケージ
<b>バッテリー・チャージャ</b>		
LTC1734	ThinSOT™パッケージのリチウムイオン・バッテリー・チャージャ	シンプルなThinSOTパッケージのチャージャ、ブロッキング・ダイオード不要、検出抵抗不要
LTC4002	スイッチモード・リチウムイオン・バッテリー・チャージャ	スタンダアロン、4.7V ≤ V <sub>IN</sub> ≤ 24V、周波数: 500kHz
LTC4052	モノリシック・リチウムイオン・バッテリー・パルス・チャージャ	ブロッキング・ダイオードや外付けパワーFETが不要、充電電流: ≤ 1.5A
LTC4053	USB互換モノリシック・リチウムイオン・バッテリー・チャージャ	プログラム可能なタイマを内蔵したスタンダアロン・チャージャ、充電電流: 最大1.25A
LTC4057	リチウムイオン・リニア・バッテリー・チャージャ	充電電流: 最大800mA、サーマル・レギュレーション、ThinSOTパッケージ
LTC4058	DFNパッケージの950mAスタンダアロン・リチウムイオン・チャージャ	C/10充電終了、バッテリーのケルビン検出、充電精度: ±7%
LTC4059	900mAリニア・リチウムイオン・バッテリー・チャージャ	2mm×2mm DFNパッケージ、サーマル・レギュレーション、充電電流モニタ出力
LTC4061	サーミスタ入力を装備したスタンダアロン・リニア・リチウムイオン・バッテリー・チャージャ	4.2V、±0.35%精度のフロート電圧、充電電流: 最大1A、3mm×3mm DFNパッケージ
LTC4063	リニア・レギュレータ内蔵のリチウムイオン・チャージャ	充電電流: 最大1A、100mA、125mV LDO、3mm×3mm DFNパッケージ
LTC4088	高効率バッテリー・チャージャ/USBパワー・マネージャ	USBポートから得られる電力を最大限利用、Bat-Track™、「瞬時オン」動作、充電電流: 最大1.5A、< 50mΩオプション付きの180mΩ理想ダイオード、3.3V/25mA常時オンLDO、4mm×3mm DFN-14パッケージ

2942fa